

運輸省港湾技術研究所

港湾技術研究所 報告

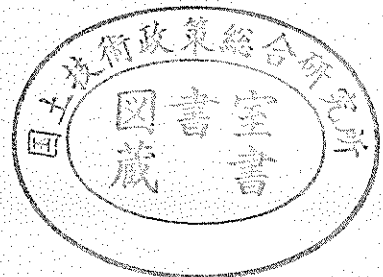
REPORT OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH
INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT

VOL. 8

NO. 2

JUNE 1969

NAGASE, YOKOSUKA, JAPAN



港湾技術研究所報告は第7巻第1号より年4回定期的に刊行する。ただし第1巻から第6巻および欧文編第1号から第15号までは下記のとおり不定期に刊行された。
報告の入手を希望する方は論文番号を明記して港湾技術研究所長に申し込んで下さい。

和文篇 (Japanese Edition)

- Vol. 1. No. 1 (1963)
- Vol. 2. Nos. 1~3 (1963~1964)
- Vol. 3. Nos. 1~7 (1964)
- Vol. 4. Nos. 1~11 (1965)
- Vol. 5. Nos. 1~15 (1966)
- Vol. 6. Nos. 1~8 (1967)

欧文篇 (English Edition)

- Report Nos. 1~15 (1963~1967)

The Report of the Port and Harbour Research Institute is published quarterly, either in Japanese or in occidental languages. The title and synopsis are given both in Japanese and in occidental languages.

The report prior to the seventh volume were published in two series in Japanese and English as listed above.

The copies of the Report are distributed to the agencies interested on the basis of mutual exchange of technical publication.

Inquiries relating to the Report should be addressed to the director of the Institute specifying the numbers of papers in concern.

港湾技術研究所報告 (REPORT OF P.H.R.I.)

第8巻 第2号 (Vol. 8, No. 2), 1969年6月 (June 1969)

目 次 (CONTENTS)

1. 沖積粘土のボーリングおよびサンプリングに関する研究 (第4報)
..... 松本一明・堀江宏保・奥村樹郎..... 3
(Studies on Boring and Sampling of Saturated Alluvial Clays (4th Report)
.....Kazuaki MATSUMOTO, Hiroyasu HORIE and Tatsuro OKUMURA)
2. 載荷時間の圧密諸係数におよぼす影響について..... 小川富美子..... 21
(Effect of Loading Duration on the Consolidation Indices..... Fumiko OGAWA)
3. スパッドを有する作業船の船体に作用する波力について (第1報)
..... 小岩 啓生・大平 勝・平山 勇・白鳥保夫..... 51
(Wave Force on a Hull of a Working Craft with Spuds (1st Report)
.....Taisei KOIWA, Katsu OHIRA, Isamu HIRAYAMA and Yasuo SHIRATORI)
4. 水噴流による水中の岩盤の理論的破碎過程について
..... 藤井喜一郎・守口照明..... 71
(On the Theoretical Analysis of the Destruction of Rocks in Water by Water Jet
.....Kiichirou FUJII and Teruaki MORIGUCHI)

3. スパッドを有する作業船の船体に作用する波力について (第1報)

小 岩 苔 生* ・ 大 平 勝**

平 山 勇** ・ 白 鳥 保 夫**

要 旨

本報告はスパッドを有する作業船（ここでは箱型のプラットホーム船を対象としている）の船体が未だ水切りしないで水面にあって作業を遂行できる状態の船体に作用する波力を模型船によって明らかにしたものである。さらに船体に作用する波力を算定する簡単な方法として船首と船尾の水位差によって水平力が船体に作用するものと仮定し、この水平力を計算によって求め実測した波力との比較を行なった。

実験は①船体固定の場合（スパッドにより船体が固定された状態）、および②船体自由の場合（船体がスパッドをガイドにして自由にピッチング、ヒービングおよびローリングを行なえる状態）についてそれぞれ波力測定を行なった。実験における波は波高2.0cm~8.0cm、波長1.0m~5.0mで水深は30cmで一定とした。

結果は次のとおりである。

1. 船体固定の場合および船体自由の場合の波力は波長を一定にした時には喫水ならびに波高に比例するが、一方喫水と波高を一定にして波長を変えた場合には船長が波長の1/2の付近で最大となる。

2. 最大波力 (F_{max}) と船首と船尾の水位差から求めた計算最大水平力 (P_{max}) の関係は波力係数を C_w とすれば次の式で与えられる。

$$F_{max} = C_w \cdot P_{max}$$

ここで P_{max} は次の式で表わしたものである。

$$P_{max} = w_0 \cdot B \cdot d \cdot H$$

w_0 : 流体の単位体積重量

B : 船の幅

d : 船の喫水

H : 波高

波力係数 C_w は実測最大波力と計算最大水平力の比であってこれは喫水によって多少変わってくるがほぼ $C_w = 1.0 \sim 1.3$ の範囲にあることがわかった。

3. 同一喫水、同一波高の波に対する波力は船体固定の場合、船体自由の場合ほとんど差異は認められない。

* 機材部 特殊作業船開発室長
** 機材部 特殊作業船開発室

3. Wave Forces on the Hull of a Working Craft with Spuds (1st Report)

Taisei KOIWA*
Kathu OHIRA**
Isamu HIRAYAMA**
Yasuo SHIRATORI**

Synopsis

This paper reports the results of model tests investigating wave forces on the hull of a box type working craft at sea.

Wave forces were measured with the hull fixed and then unfixed to spuds (in the latter case, the hull can experience free roll, pitch and heave).

Wave height and length for the model tests were 2.0~8.0 cm and 1.0~5.0 m respectively and the water depth was constant at 30 cm.

Experimental results:

1. Differences in wave forces between the two cases of the hull fixed and one unfixed to spuds are not distinguishable. In both cases, the maximum wave force on the hull occurs when the ratio of wave length to ship length is approximately 2.0.
2. Introducing the wave efficiency (C_w) [ratio of max. wave force to max static wave pressure (P_{\max})], max. wave force (F_{\max}) for ship length/wave length $\approx 1/2$ is expressed as follow:

$$F_{\max} = C_w \cdot P_{\max}$$

where $P_{\max} = w_0 \cdot B \cdot d \cdot H$

w_0 : Weight per unit volume of water

B : Width of craft

d : Draft of craft

H : Wave height

The resulting wave force coefficient (C_w) is 1.0~1.3, and varies little with draft.

* Chief, Working Craft Development Laboratory, Machinery Division

** Member, Working Craft Development Laboratory

目 次

要 旨	51
1. ま え が き	55
2. 模型船の縮尺の選定	55
3. 波力測定装置およびその方法	55
3-1 船体固定の場合	56
3-2 船体自由の場合	56
4. 船首, 船尾の水位差による水平力	57
5. 実験結果とその考察	59
5-1 船体固定の場合	59
5-2 船体自由の場合	62
6. ま と め	69
7. あとがき	69
参考文献	69

1. まえがき

港湾構造物作業は、従来種々の作業船や潜水夫に大きく依存しているが、これらの作業は海象、気象条件に左右される度合いがきわめて大きく工期が長びく結果となっている。したがって工期短縮、大量施工あるいは労働力の不足等に対処できる新しい港湾構造物用作業船の開発が必要となってきた。

スパッドを有する作業船は一般にそのスパッド(脚)によって海底から立上り、船体を海面から持上ることによって海象条件に比較的左右されずに種々の港湾構造物作業や浚渫作業等を実施できる利点をもち、一名プラットフォーム船ともいわれ今後の港湾工事要請に十分答え得るものと考えられている。

プラットフォーム船に作用する波力はその船体ならびにスパッドの両方について考えなければならないが、スパッド(円柱あるいは角柱)に作用する波力についてはすでに模型実験等によって明らかとなっている。しかし船体の水切りする前の状態および立上る前の状態で波力が作用する場合には質量係数等がわかっていないため正確な値を算定することが困難である。したがってここでは模型船によってその波力を測定し、船首、船尾の水位差によって水平力が船体に作用するものと仮定して得た計算波力で実際の波力を表わすことを試みた。

2. 模型の縮尺の選定

模型の諸元ならびに 60 倍の実用船に換算した場合の諸元を表-1 に示す。この場合の換算はフルード相似則によった。

模型の寸法は実験水槽ならびにプラットフォーム船が波浪中において作業を遂行できる実際の現地諸条件を考慮して決定された。

表-1

諸元	模型	現地 (60倍の実用船の場合)	実験範囲
水深	30.0cm	18.0 m	
波高	3.0cm	1.8 m	2.0~8.0 cm
波周期	1.3sec	10.0 sec	0.8~3.0 sec
船長	100cm	60.0 m	
船幅	45cm	27.0 m	
船の深さ	16cm	5.0 m	
船の喫水	3.0cm	1.8 m	3.0~7.0 cm
自重	15.0 kg	3000 t	

60倍の実用船を取ったのはほぼこの倍率に近いプラットフォーム船が存在するのでこれに換算したものである。

プラットフォーム船は波高が大きくなるとスパッドにより船体を水切りして波浪の影響を受けないようにすることができるので、ここでは船体の水切りしないで作業を遂行できる状態、あるいは立上る途中の状態の比較的高の小さい範囲の波浪を対象としている。

表-1 において、模型船の深さは喫水を変化させて喫水による波力の影響を調べるために特に過大に取ってある。

模型船は板厚 0.7 mm の鋼板製でデッキにバラスト積込み用の孔を設け、接合部はすべてロー付され水密状態となっている。なお、船体固定の場合、船体自由の場合共に同一模型船を使用した。

3. 波力測定装置およびその方法

実験に使用した造波水槽を図-1 に示す。これは長さ 30 m、幅 20 m、高さ 1 m で最大波高 40 cm、波周期 0.8~4.0 sec の造波能力をもっている。この水槽のほぼ中央に 4 本の脚をもった鋼製の実験台を設置しそれに模型船を取付けた。

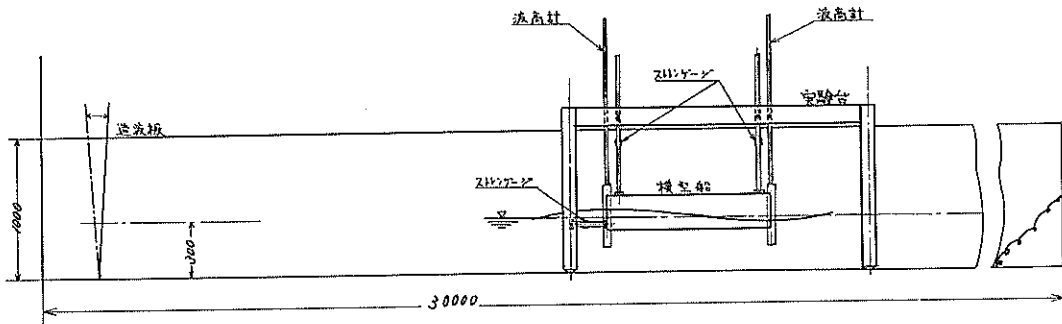


図-1 実験水槽

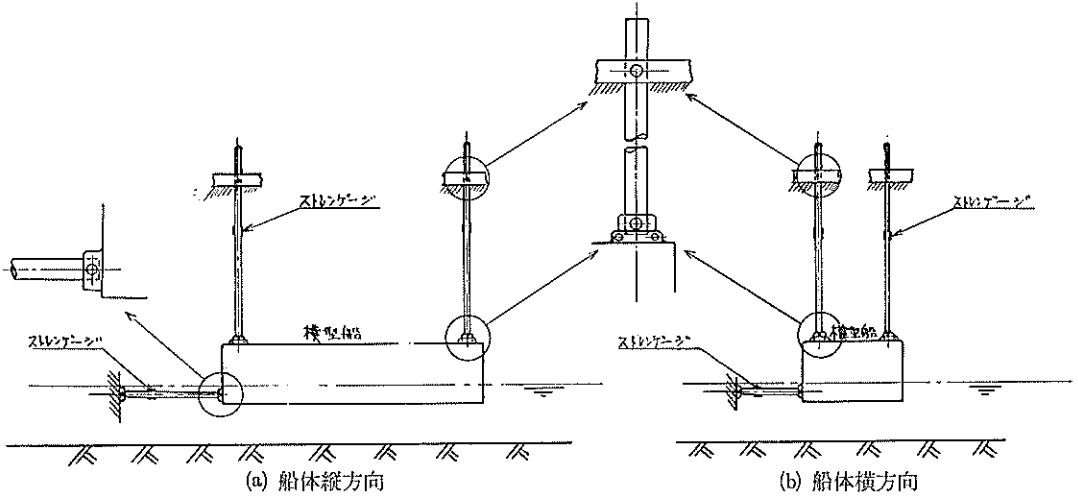


図-2 船体固定時の波力測定装置

3.1 船体固定の場合

この場合の波力測定装置を図-2 および写真-1 に示す。図-2 の (a) 図は船体の縦方向（長手方向）から波が来る場合、(b)図は船体の横方向から波が来る場合の波力測定装置で、(a)(b)共に同一模型船を使用した。

模型船は図のように上部と横側からそれぞれ3本、2本の支持バーによって支持されている。いずれの支持バーも両端でピンヒンジとなっている。横側の2本の支持バーにストレンゲージは貼り波力を測定した。この支持バーは断面積約 1.55 cm^2 のアクリク板で両端がピンヒンジになっている。

模型船の前面と後面に平行に2個の波高計を設けて波高ならびに波速を測定した。

実験時の水深は 30 cm 、模型船の喫水は $3.0, 5.0, 7.0 \text{ cm}$ の3種とし、各喫水ごとに波高を一定 (3.0 cm) にして波長を変え、さらに波長を一定 (2.0 m) にして波高を変えて波力測定を行なった。

3.2 船体自由の場合

この場合の波力測定装置を図-3 に示す。(a)図は船体の横方向から波が来る場合、(b)図は船体の縦方向から波が来る場合の波力測定装置である。模型船は船体固定の場合と同一のもので支柱との連結部の取付金具のみを取り換えたものである。模型船は実験台に固定された前方2本の支柱をガイドにしてピッチング、ヒービングおよびローリングを行なえるもので、後方の支柱は模型船の左右の振れを防止するために設けてある。



写真-1 船体固定時の波力測定状況

スパッドを有する作業船の船体に作用する波力について (第1報)

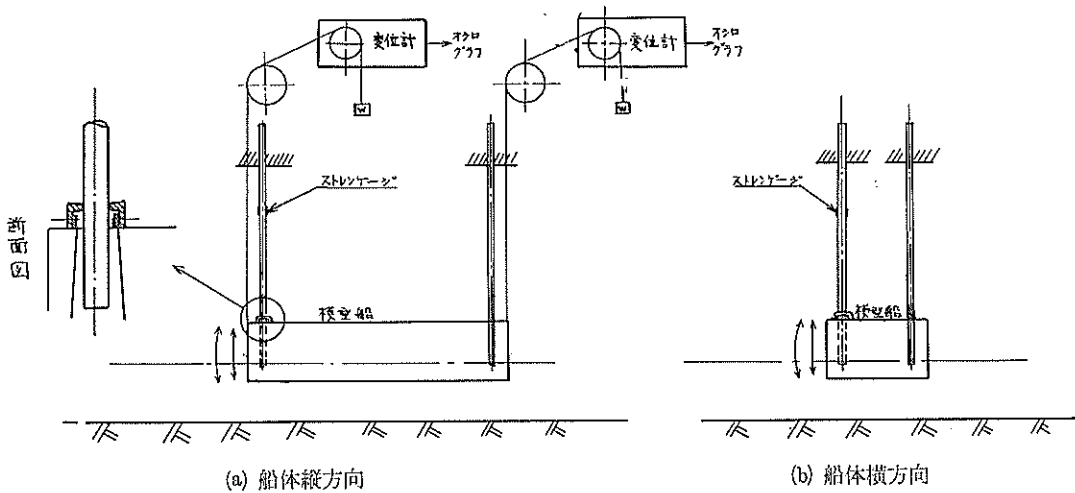


図-3 船体自由時の波力測定装置

波力は前方2本の支持バーに貼ったストレンゲージによって測定した。この支持バーは鋼製丸棒で断面係数 Z は約 0.4 cm^3 であった。

この場合には動揺によって模型船は上下運動を行なうのでこの上下移動量を測定して波力の補正を行なった。模型船の上下変位位置は前方と後方に設けた2個の抵抗式変位計によって測定した。

波高は船体固定の場合と同様に船体の前面と後面に平行に設けた2個の波高計によって測定した。実験時の水深は 30 cm とし、喫水は船体縦方向の波に対しては $3.0, 5.0, 7.0 \text{ cm}$ の3種、船体横方向の波に対しては $5.0, 7.0 \text{ cm}$ の2種とし、それぞれの喫水に対して船体固定時と同様の波について波力を測定した。

4. 船首、船尾の水位差による水平力

海中の構造物に作用する波力は一般に物体にそった流体摩擦による抗力と流体粒子が局部的に加速されるために生ずる慣性力の和として表わされているが、プラットフォーム船の船体は水面上にあることおよび波長に対して船長あるいは船幅が比較的大きいこと等の理由から抗力係数や慣性係数(質量係数)を適確に知ることが出来な

いため、これらによって波力を算定することがむずかしくなってくる。そこで波力を算定する簡単な方法として、船首と船尾の水位差によって水平力が船体に作用するものと仮定してこの水平力を計算によって求め実際の波力との比較を行ない波力係数を求めた。さらに円柱に関する慣性係数を用いて箱型模型船の慣性力をも計算により求め実波力との比較を行なった。

船首、船尾の水位差による水平力の求め方を次に示す。

船体の前部、後部に作用する波圧の大きさは波面からの深さに比例するものと仮定すれば、この時の船首、船尾に作用する波圧分布は図-4のようになる。

しかしこれは厳密な意味での静水圧ではなく実際の波力との比較をするために便宜的に仮定したものである。以下においてこのように仮定して得られた水平力を静水圧と呼ぶことにする。

図-4において船体の前部および後部における静水面から波面までの高さをそれぞれ δ_a, δ_b とする。今、船体の前面に波の峰が来た状態を考えると静水圧は船首から船尾方向に働きその大きさは(1)式で与えられる。ただし船体が存在するために前部に生じる水面の上昇や後部の渦等は考えていない。

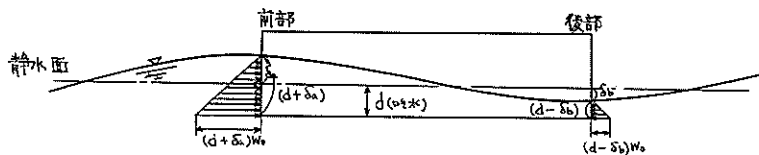


図-4 船体に作用する水圧分布

$$P = \frac{w_0 B}{2} \{ (d + \delta_a)^2 - (d + \delta_b)^2 \}$$

$$= \frac{w_0 B}{2} (\delta_a - \delta_b)(\delta_a + \delta_b + 2 \cdot d) \dots \dots \dots (1)$$

ここで P : 静水圧
 w_0 : 流体の単位体積重量
 B : 船の幅
 d : 船の喫水

(1)式において δ_a および δ_b は船体前面、後面における波面が静水面より高い場合に+、低い場合には-を採る。

次に波形を円トロコイド波形と仮定すれば水面の軌跡は一般に次の式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{L}{2\pi} \theta + \frac{H}{2} \cos \theta \\ y &= \frac{H}{2} \sin \theta \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

ここで x : 波の進行距離
 y : 静水面から波面までの高さ
 L : 波長
 H : 波高
 θ : 回転円の回転角

(2)式から任意の点 (x) における静水面から波面までの高さが求められる。

トロコイド波では平均水位が静水面より上昇しこの上昇量 (η) は次のように与えられる。

$$\eta = \frac{\pi}{L} \left(\frac{H}{2} \right)^2 \dots \dots \dots (3)$$

したがってトロコイド波の静水面から峰の高さおよび谷の深さはそれぞれ次のようになる。

$$\text{峰の高さ} = \frac{H}{2} + \eta$$

$$\text{谷の深さ} = \frac{H}{2} - \eta$$

η については実測波形から知ることができるが、港湾構造物設計基準において $\eta = 0.1H$ と与えられているのでこれを採ると、静水面から峰の高さは $0.6H$ 、谷の深さは $0.4H$ となる。

今(1)式において船長、喫水および波高を一定にした時静水圧が波長によってどのように変化するかを調べてみると、静水圧 (P) は船体の前面と後面に作用する静水圧の差であるからこの差が最も大きくなった時に最大となる。図-4 においては船長が波長の $1/2$ の時に静水圧が最大となる。この時の最大静水圧 (P_{max}) は静水面から峰の高さを $0.6H$ 、谷の深さを $0.4H$ とすれば、(1)式において $\delta_a = 0.6H$ 、 $\delta_b = -0.4H$ となり次の式で与えられる。

$$P_{max} = \frac{w_0 B}{2} \{ (d + 0.6H)^2 - (d - 0.4H)^2 \}$$

$$= w_0 B \cdot H (d + 0.1H) \doteq w_0 B \cdot d \cdot H \dots \dots \dots (1')$$

一般的には最大静水圧は船長/波長の値によって決定され、船長/波長=0.5, 1.5, 2.5, ……の時に静水圧は最大となるが、波長があまり小さくなると波のエネルギーが小さくなり、したがって波力も小さくなるものと考えられ、ここでは船長を一定にして、船長/波長の値が 1.0 以下となる波長について考えることにした。

船長、喫水および波高が一定の場合の静水圧と波長(船長/波長)との定性的な関係を図-5 に示す。

なお海中構造物に作用する波力(慣性力)として合田氏は次の計算式を与えている。

$$\text{慣性力} : P_M = \frac{w_0}{g} C_M \cdot V \frac{\partial u}{\partial t} \dots \dots \dots (4)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{2\pi^2 H}{T^3} \frac{\cosh kh}{\sinh kh} \cos(kx - \sigma t) \dots \dots (5)$$

ここで P_M : 慣性力
 w_0 : 流体の単位体積重量
 g : 重力の加速度
 C_M : 慣性係数
 V : 構造物の水中にある体積
 $\partial u / \partial t$: 水粒子の水平方向の加速度
 H : 波高
 T : 周期
 h : 水深
 k : $2\pi/L$
 L : 波長
 σ : $2\pi/T$

(4), (5)式より

$$P_M = w_0 \cdot V \cdot C_M \frac{2\pi^2}{g T^3} \frac{H}{\tanh kh} \cos(kx - \sigma t)$$

ここで $V = B \cdot d \cdot l$
 $L = \frac{g}{2\pi} T^2 \tanh kh$ } の関係を使うと
 B : 船の幅
 d : 船の喫水
 l : 船の長さ

箱船の慣性力 P_M は次のようになる。

$$P_M = w_0 \cdot B \cdot d \cdot H \cdot C_M \cdot \frac{\pi l}{L} \cos(kx - \sigma t) \dots \dots (4')$$

(4') 式における慣性係数 C_M を円柱に関する慣性係数を採って計算した最大慣性力を 図-5 に示した。

P_M は船長/波長=0.35 の付近で最大となっており実際の最大波力もほぼ 船長/波長=0.35~0.5 の付近に在るものと予想されるので、船長/波長の値が 1.0 よりも

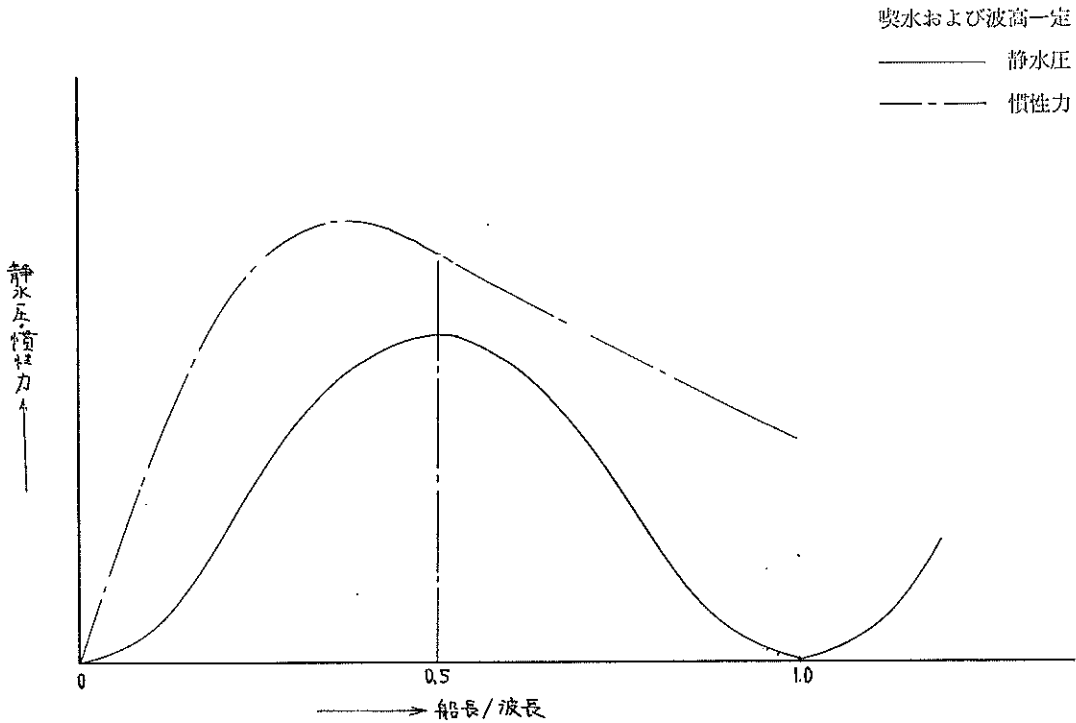


図-5 静水圧および慣性力と船長/波長の定性的な関係

小さくなるような波長を採っても妥当と考えられる。

5. 実験結果とその考察

以下において模型船に作用する波力が波の進行方向に加わる場合を表, その逆方向に加わる場合を裏として区別している。

船体縦方向とは模型船の長手方向に波が作用する状態, 船体横方向とは同じ模型船で横方向から波が作用する状態をいう。

5-1 船体固定の場合

船体縦方向から波が来る場合で波高が一定 (3.0 cm) の時の実測波力, トロコイド波形 (2)式) および静水圧の(1)式から求めた計算静水圧および慣性力 ((4)式) と船長/波長との関係を図-6, 7, 8 に示す。

これらの図から模型船に作用する波力は波長によって変動し船長/波長=0.5 の付近で最大となっている。この傾向は各喫水についてほぼ同様な現象といえよう。静水圧は船長/波長=1.0 で 0 になるが, 実際の波力は 0 にならない。これは実際には波力として慣性力や抗力が作用しているためと考えられるが, ここでは最大波力を

与える波長を見出そうとするものであるから, 最大波力を与える波長はほぼ船長の 2 倍になるものと考えられるので以下においては船長/波長=1/2 の付近の波について最大波力を測定した。しかし船体横方向の場合には船体縦方向の場合と同一波長の波について波力測定したもので, 船長/波長=0.2 となっている。これは造波機の関係上あまり小さい波長の波を造ることができなかったためである。

図-9 は (1)式から計算した最大静水圧 ($P_{max} = w_0 \cdot B \times d \cdot H$) と模型船の前面, 後面における静水面から峰の高さ (δ_a) および谷の深さ (δ_b) を波高計により測定し (1)式から計算した最大静水圧と波高との関係を調べたものである。(1)式から得られた最大静水圧は実測波高から求めた最大静水圧よりわずかに大きい。ここでは簡単のため波の峰の高さを $0.6H$, 谷の深さを $0.4H$ と仮定して得られた (1)式で最大静水圧を表わすことにする。

図-10 は船長/波長=0.5 の付近の波について船体縦方向の最大波力 (表・裏) と波高の関係を示す。最大波力は同一喫水の時は波高に比例し, また同一波高に対しては喫水に比例する。また同一喫水の波力は表の方が裏よ

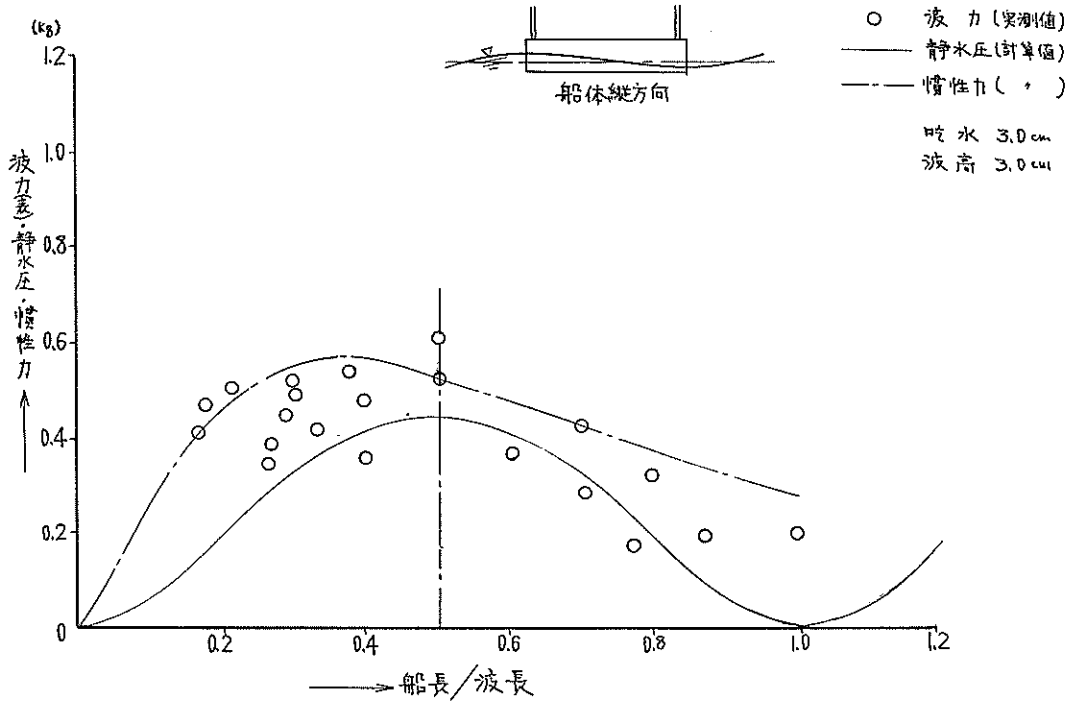


図-6 波力，静水圧および慣性力と船長/波長との関係（船体固定）

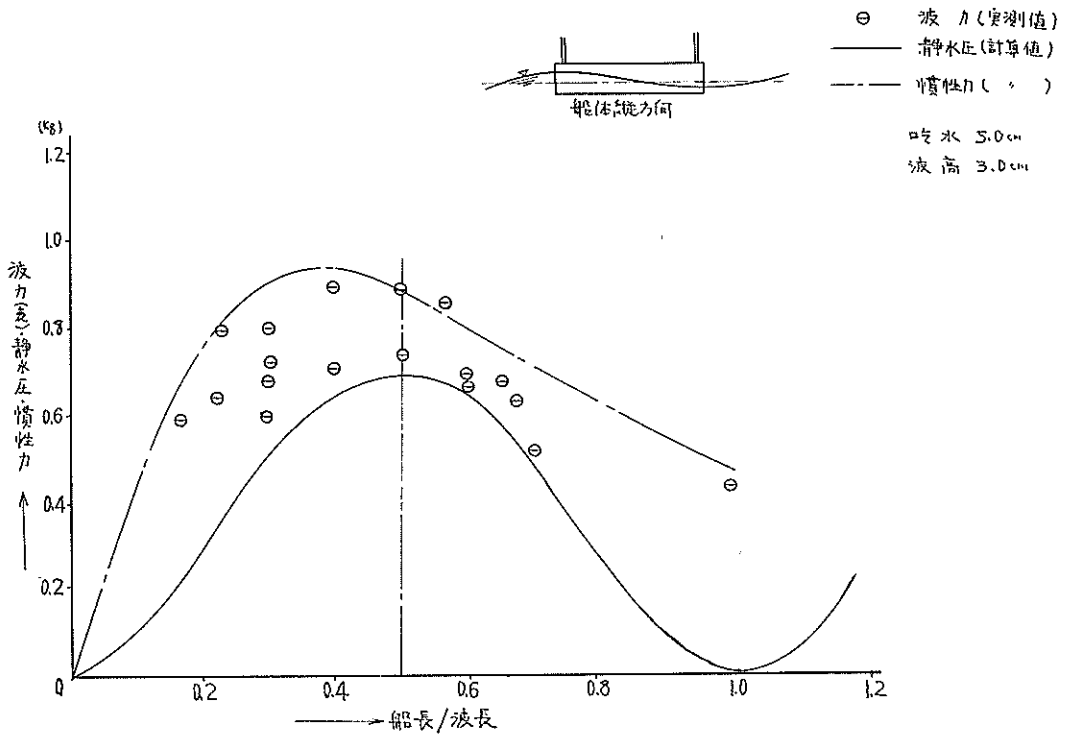


図-7 波力，静水圧および慣性力と船長/波長との関係（船体固定）

スパッドを有する作業船の船体に作用する波力について (第1報)

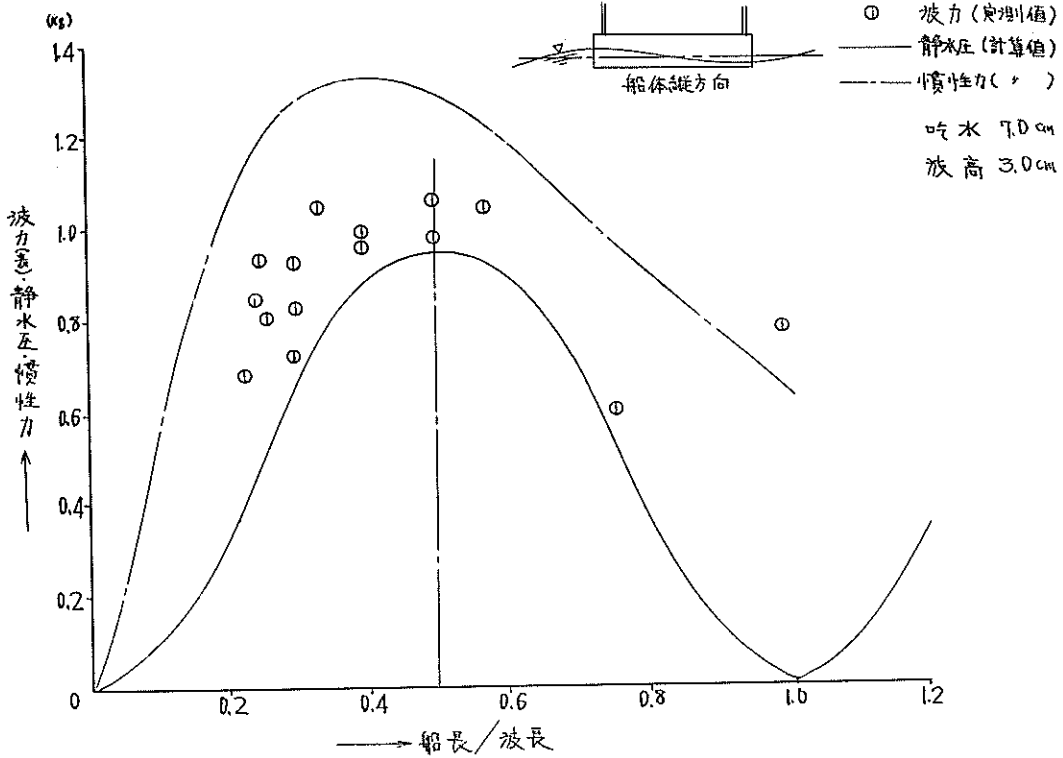


図-8 波力、静水圧および慣性力と船長/波長との関係 (船体固定)

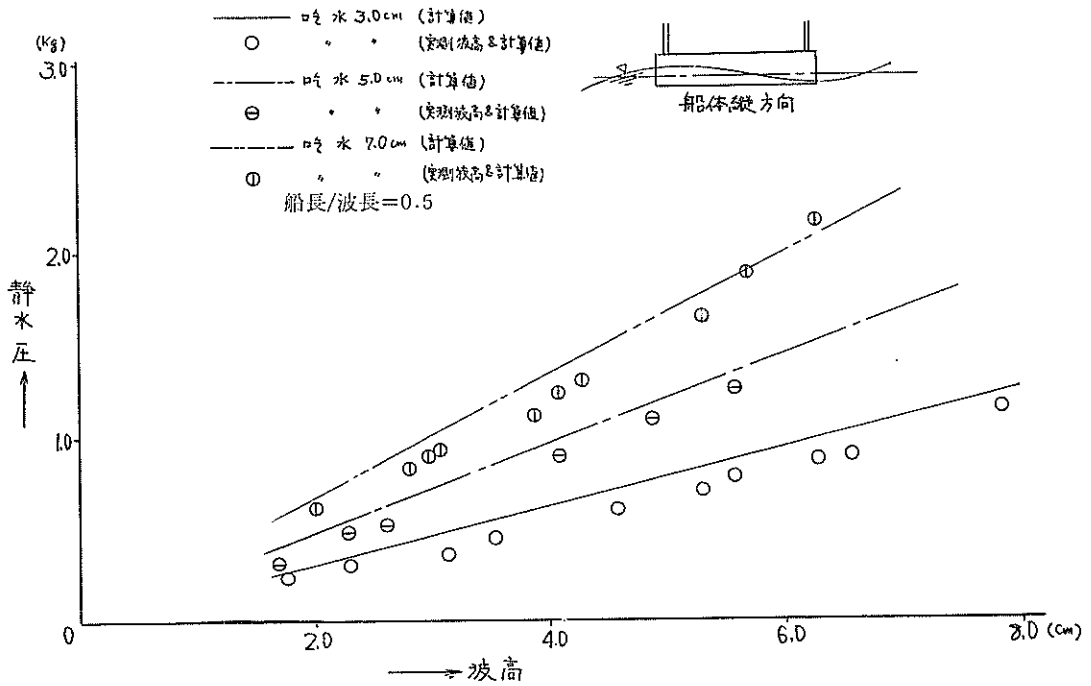


図-9 静水圧と波高との関係

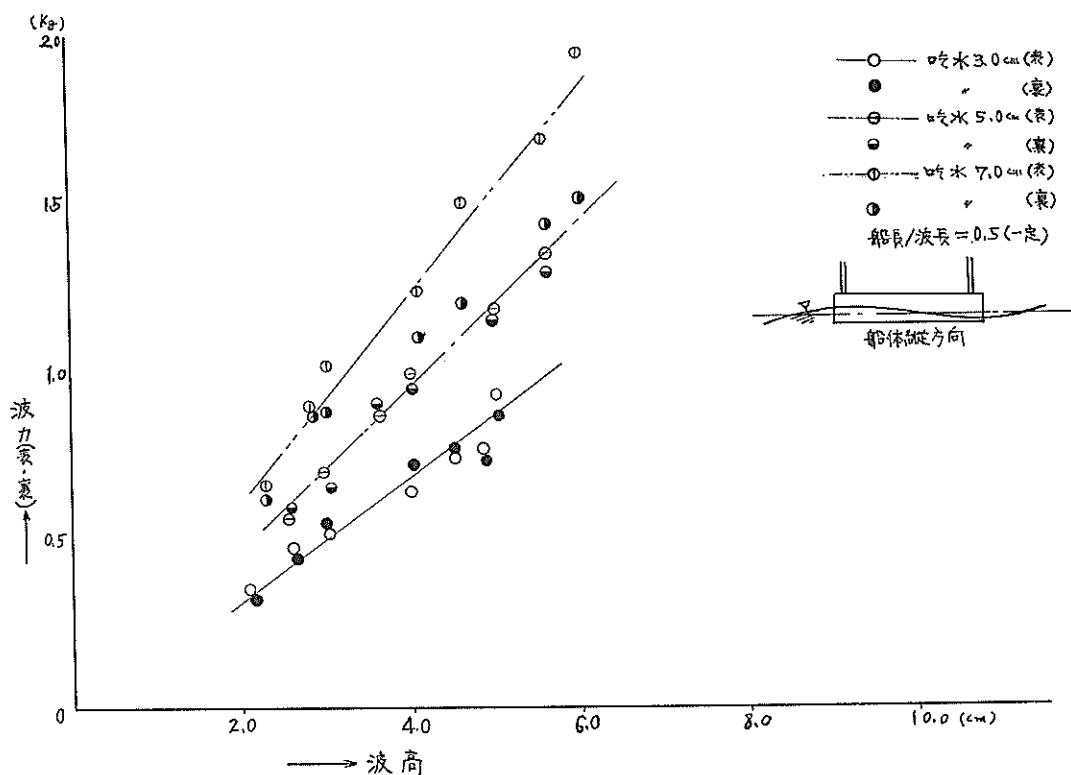


図-10 波力(表・裏)と波高との関係(船体固定)

りも大きい。

図-11 は船体を横方向にして船体縦方向の場合と同一波長の波について最大波力を取ったものである。この場合にも波力と波高はほぼ比例し、喫水の増加につれて波力も増加し、表の波力は裏よりも大となっている。

波長を一定(2.0m)にした時の船体縦方向と船体横方向の波力を比較したのが図-12である。船体横方向の場合には船長と波長の比が1/2となっていないので最大波力とはいえないが、船の幅に比例して波力も増加すると考えられる。図-12における両者の比は波高が増加するにつれて大きくなっているが、これは船体縦方向の波力が波高に直線的に増加するのに対して、船体横方向の波力は曲線的増加を示していることによるものと考えられるが、後者の場合、船長/波長=1/2の時の最大波力を取っていないので、これについてはさらに今後の実験で明らかにしたい。

図-13 は船体縦方向の最大静水圧 ($P_{max} = w_0 \cdot B \cdot d \cdot H$) と最大波力との比を取ったものである。両者の比は波高に関係なくほぼ一定で 1.0~1.3 の範囲にある。

両者の比は喫水によって多少変動し喫水が増加するにつれて減少する傾向を示している。今両者の比を波力係数 C_w とすれば最大波力 F_{max} は次のように表わされる。

$$F_{max} = C_w \cdot w_0 \cdot B \cdot d \cdot H \dots\dots\dots(5)$$

$$C_w = 1.0 \sim 1.3$$

C_w を各喫水について平均した値と喫水との関係を示したのが図-14である。本実験範囲においては C_w は喫水が増加するにつれて減少している。しかし(4)'式で表わされる慣性力において C_w に相当する $C_M \cdot \frac{\pi l}{L}$ の値は船長(l)/波長(L)が決ると一定の値をもつが、実際には C_w は喫水によって多少変動している。波力係数 C_w を一般化するためにはさらに実験を行ない、波長や船長等の種々のファクターによる影響を調べる必要があるだろう。

5.2 船体自由の場合

船体自由の場合の静水圧は船体が運動しないものとして船体固定の場合と同様に(1)及び(1)'式等で計算したものである。

スパッドを有する作業船の船体に作用する波力について (第1報)

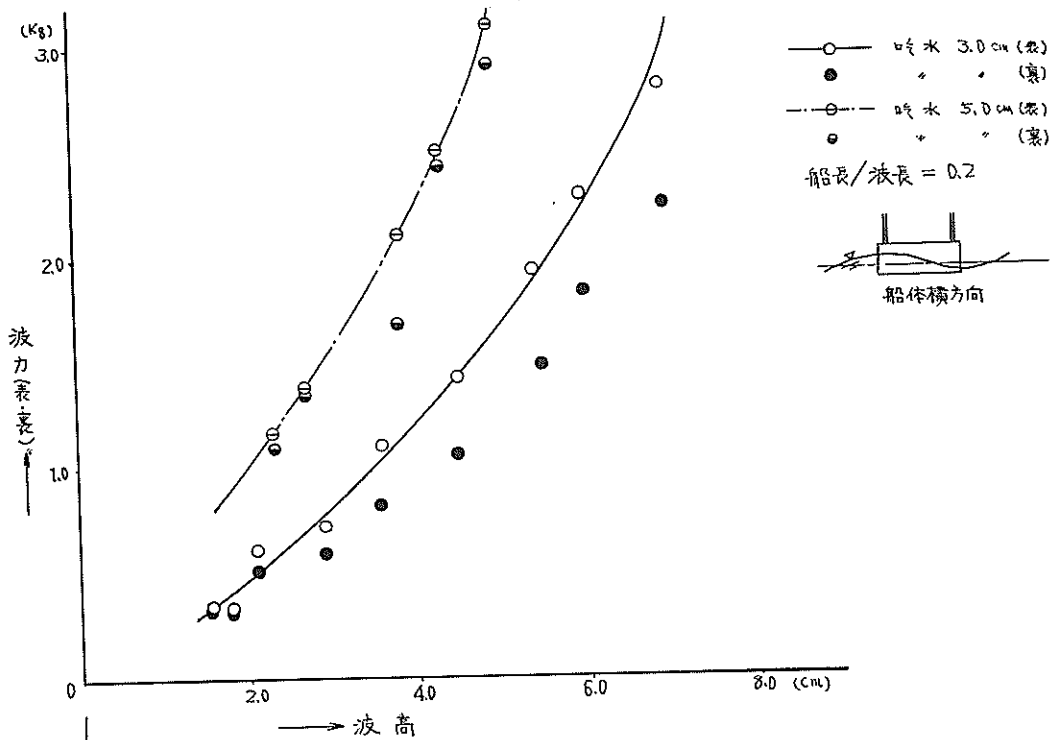


図-11 波力(表・裏)と波高との関係 (船体固定)

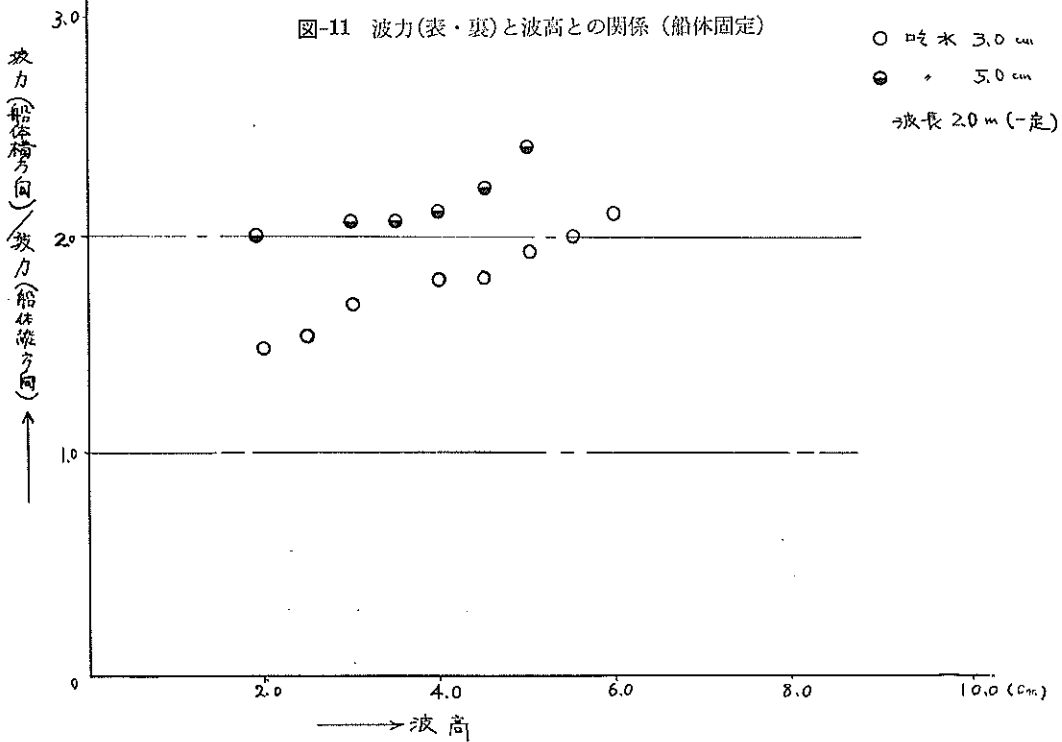


図-12 船体横方向波力(表)と船体縦方向波力(表)の比較 (船体固定)

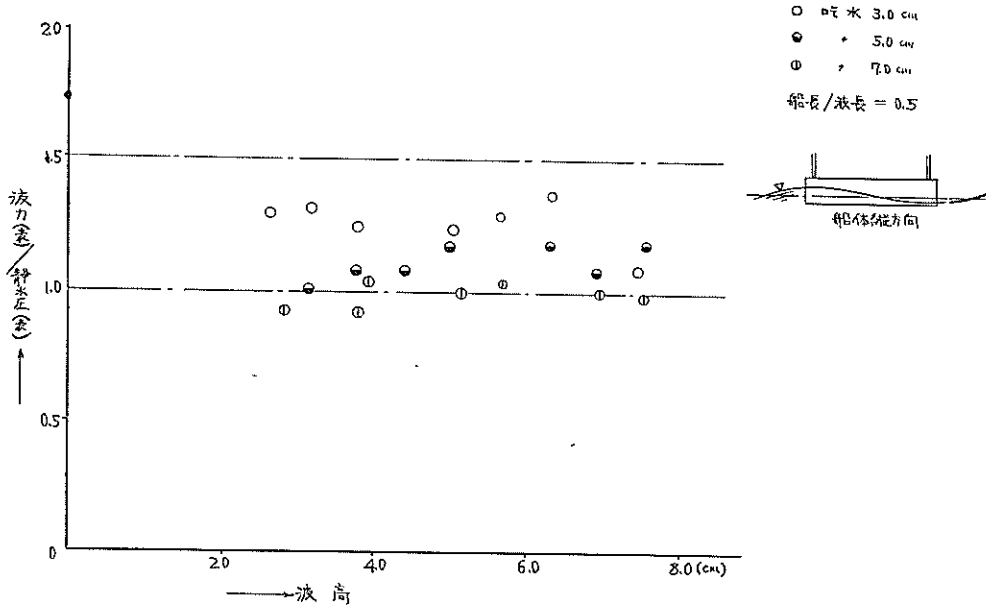


図-13 波力(実測値)と静水圧(計算値)との比較(船体固定)

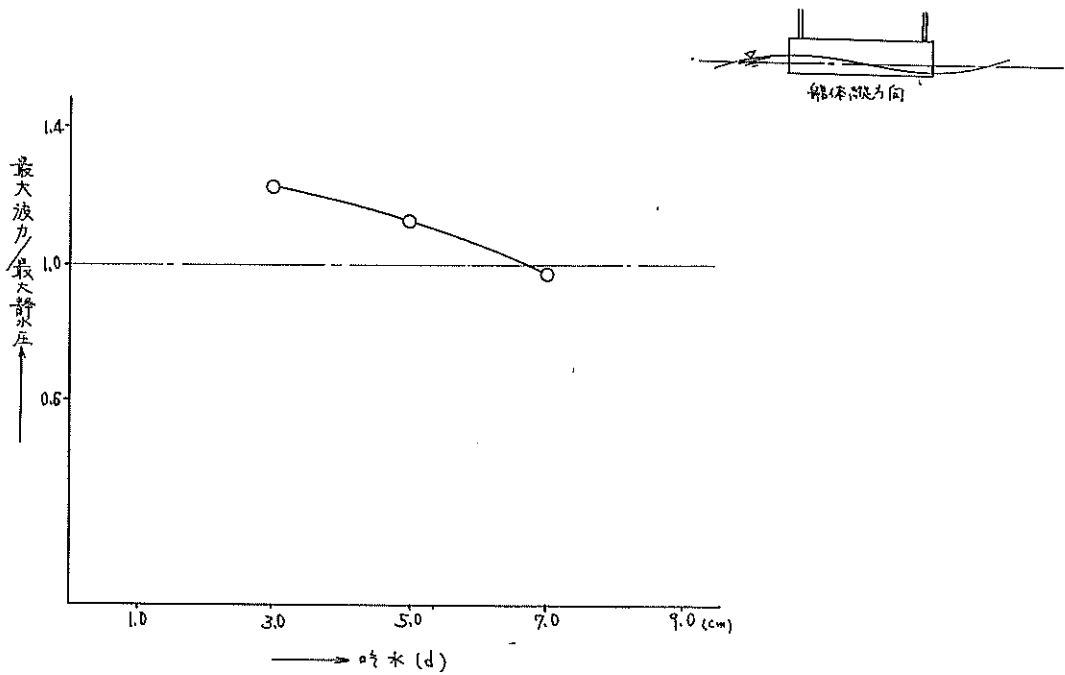


図-14 波力係数と喫水との関係

スバッドを有する作業船の船体に作用する波力について (第1報)

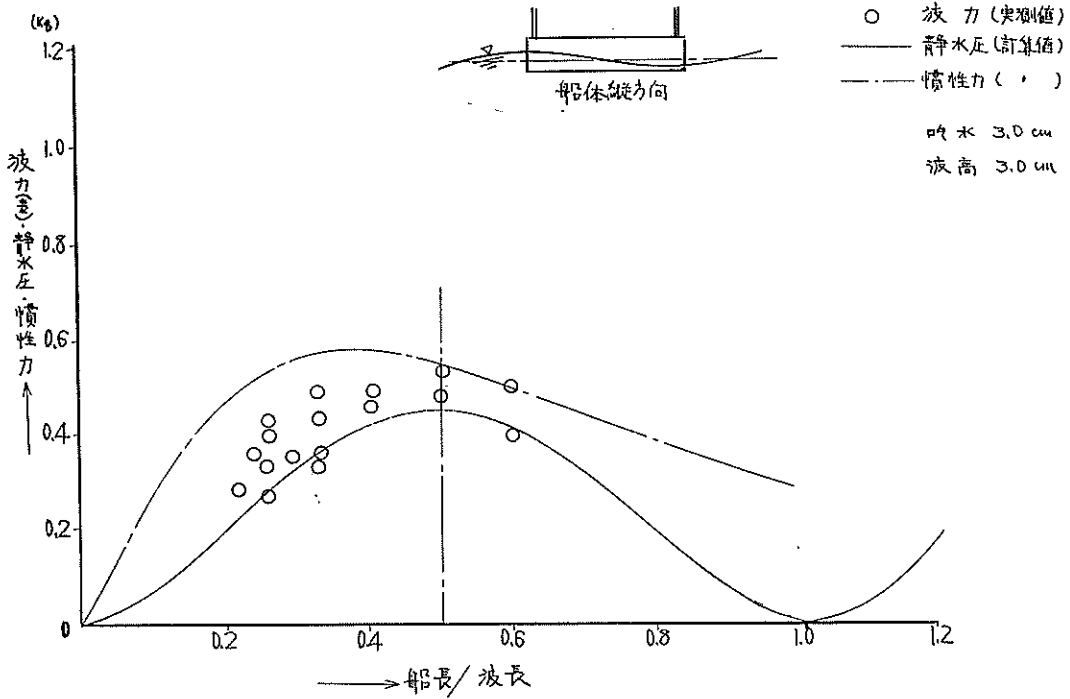


図-15 波力, 静水圧および慣性力と船長/波長の関係 (船体自由)

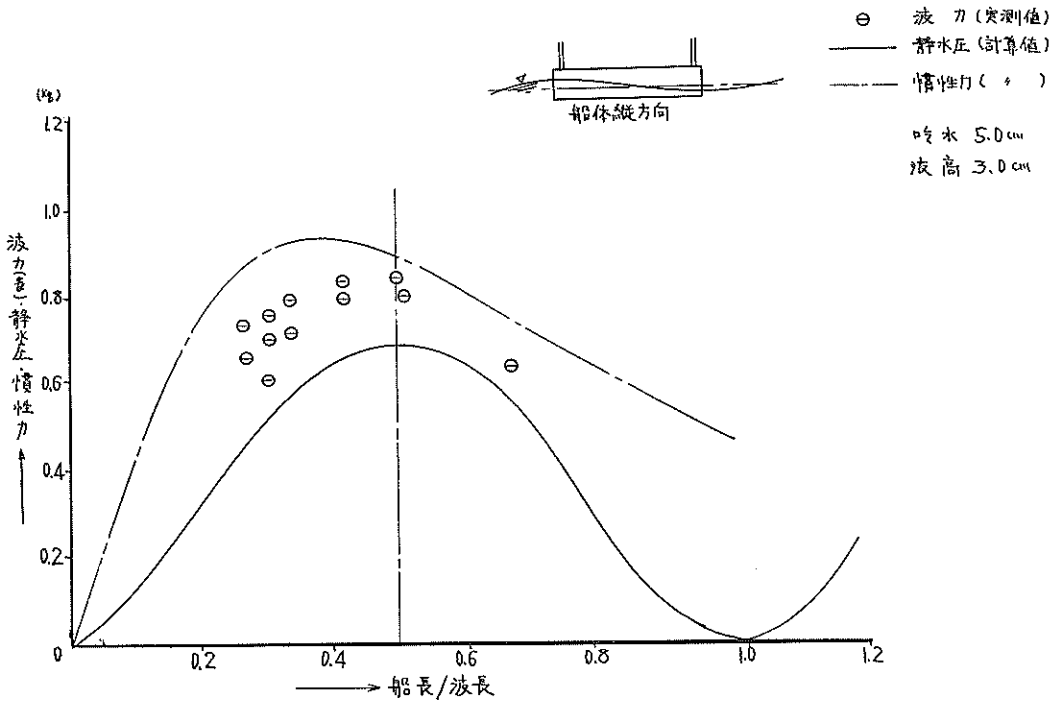


図-16 波力, 静水圧および慣性力と船長/波長の関係 (船体自由)

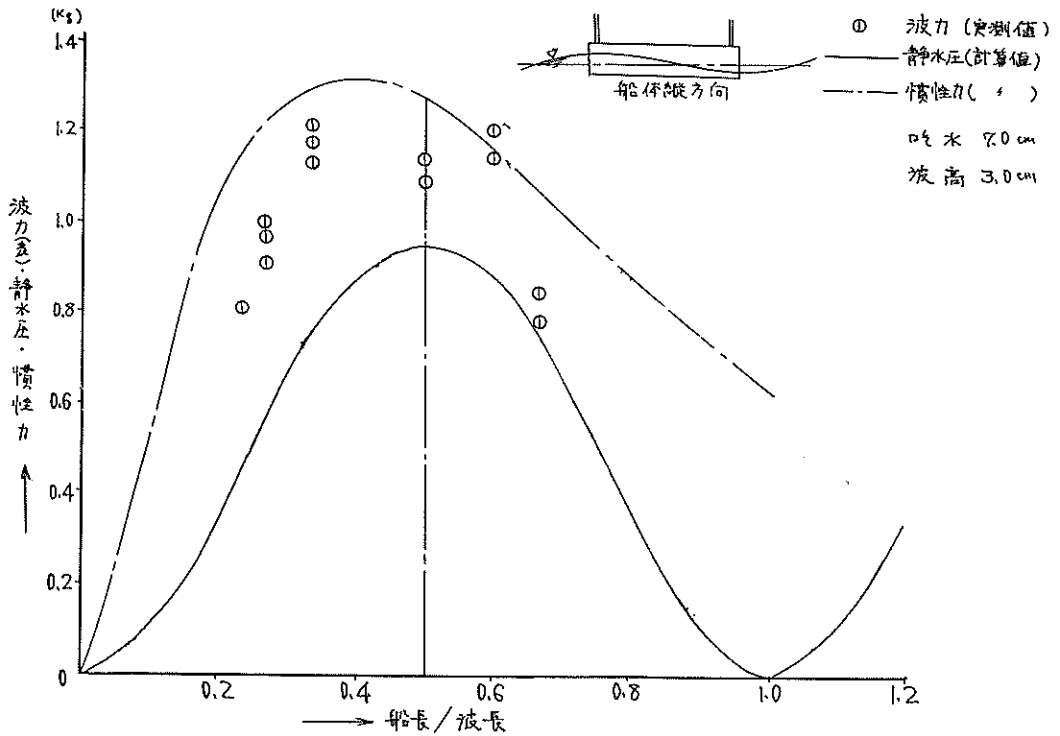


図-17 波力，静水圧および慣性力と船長/波長の関係（船体自由）

船体縦方向から波が来る場合で波高が一定（3.0 cm）の時の実測波力，トロコイド波形（(2)式）および静水圧の(1)式から求めた計算静水圧および慣性力（(4)式）と船長/波長との関係を図-15，16，17 に示す。

船体固定の場合とほぼ同様な結果となっている。各波長に対する最大波力のうち船長/波長=0.5 付近で最も大きい波力が出ている。この傾向は各喫水について同様でありしたがって以下においては船長/波長=0.5 の付近の波について最大波力を測定した。しかし船体横方向の場合には船体縦方向の場合と等しい波長について測定したもので船長/波長≒0.2 となっている。

図-18，19 は同一波長の波についてそれぞれ船体縦方向および船体横方向の波力と波高との関係を調べたものである。船体固定の場合と同様，船体縦方向，船体横方向共に波力は波高および喫水に比例しており，同一喫水の波力は表の方が裏よりも大きい。船体横方向は船体縦方向よりも波力が大きく出ているがこれは船の幅が船体横方向では大きいため波力も増加するものと考えられる。

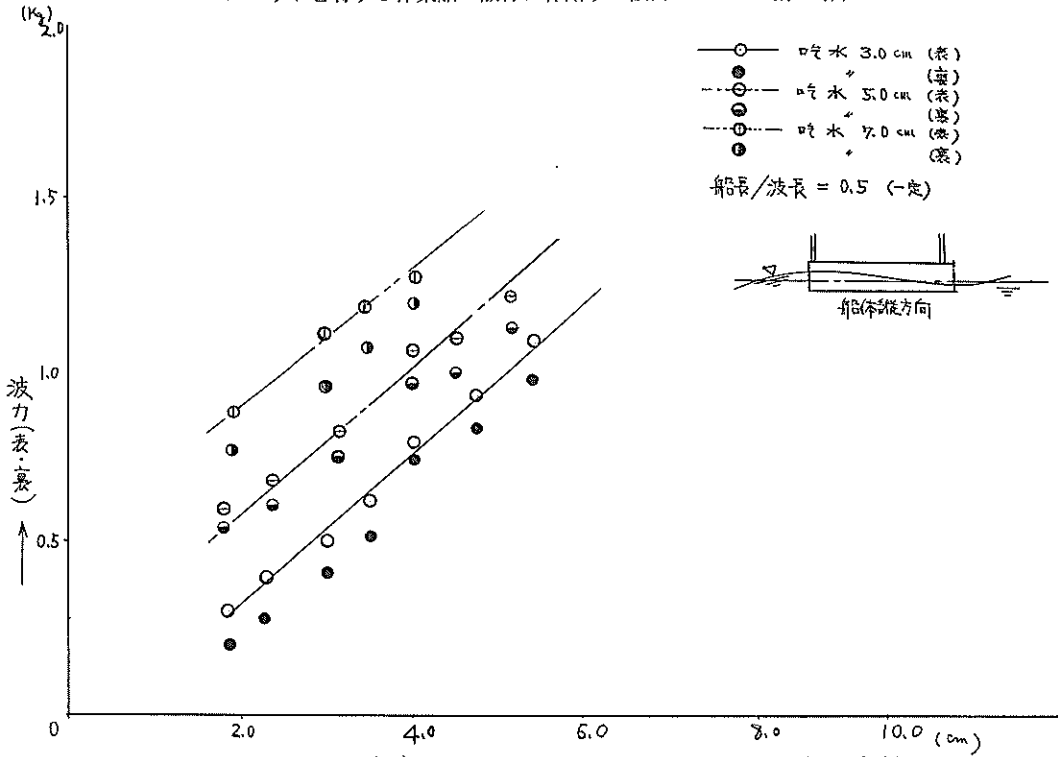
次に船体縦方向の場合で船長/波長≒0.5 の時の実測

最大波力/最大静水圧（(1)式）の値を図-20 に示す。両者の比は船体固定の場合と同様に 1.0~1.3 の範囲にあって，喫水の増加につれて多少減少する傾向を示している。

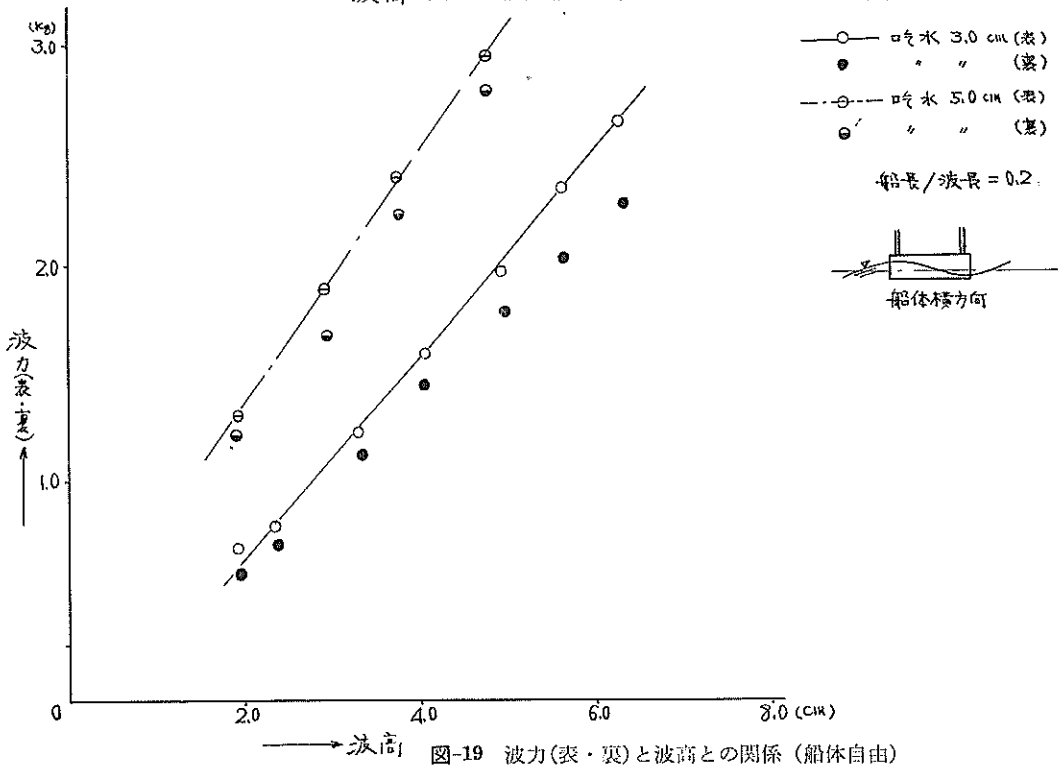
船体縦方向の時の模型船の前部と後部のヒーピング量やピッチング量の値を図-21 に示す。この変位量は前部と後部においてほとんど差異は認められなかった。一定波長（2.0 m）の時のこれらの変位量は波高に比例して増加するが，喫水 3.0 cm および 5.0 cm ではほとんど等しい変位であるが喫水 7.0 cm では減少している。これはバラストを用いて喫水（重量）を増したために箱船の横メタセンタ高さ（GM）が変わり，したがって箱船の固有周期が異なってくるため波の周期と同調しなくなるためである。

なおプラットホーム船の船体は通常船首，船尾がカットアップされているので，カットアップした場合の波力も測定したが，船体固定および船体自由の場合いずれもカットアップしない時の波力とほとんど差異は認められなかった。

スパッドを有する作業船の船体に作用する波力について (第1報)



→ 波高 図-18 波力(表・裏)と波高との関係 (船体自由)



→ 波高 図-19 波力(表・裏)と波高との関係 (船体自由)

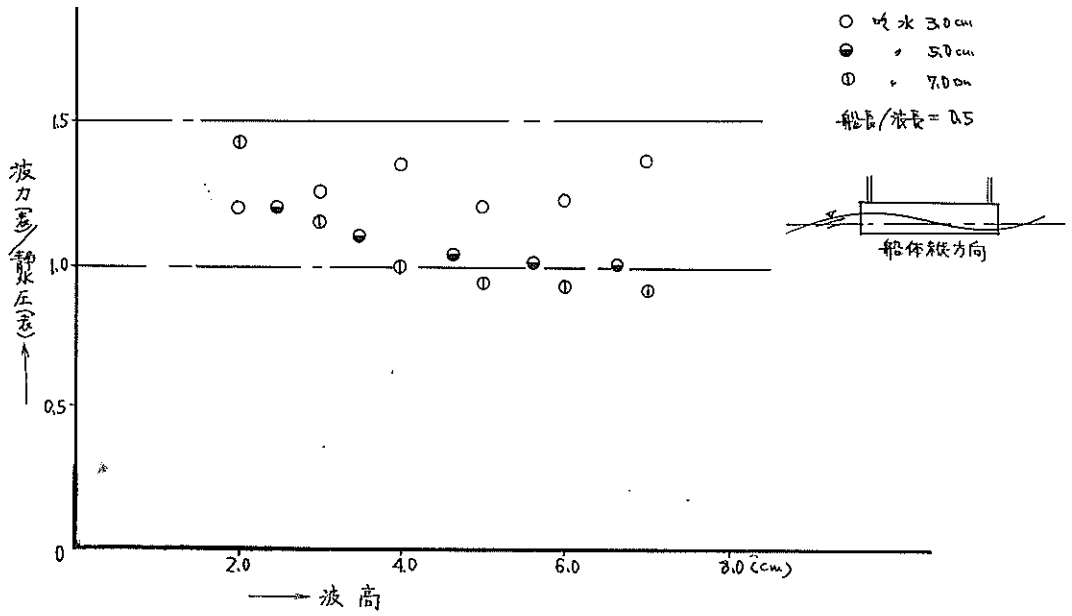


図-20 波力(実測値)と静水圧(計算値)との比較(船体自由)

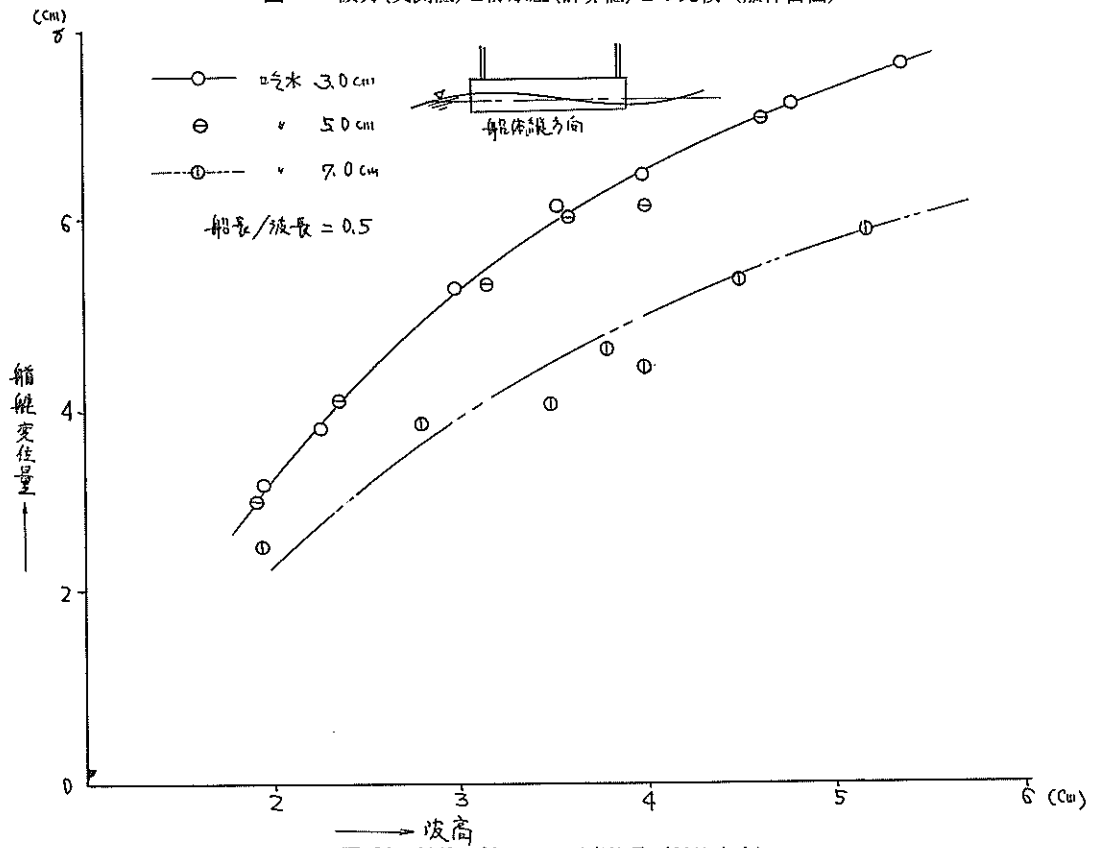


図-21 船首, 船尾の上下変位量(船体自由)

6. ま と め

以上の実験結果から次のことがいえよう。

(1) 船体固定の場合および船体自由の場合の最大波力は波高を一定にした時には船長/波長の値によって変動しこの値がほぼ 0.5 の付近で最大となる。

(2) 船長/波長 ≈ 0.5 の時の最大波力 (F_{\max}) と波高を H とした時、静水面から波の峰の高さを $0.6H$, 谷の深さを $0.4H$ と仮定して得られた最大静水圧 ($P_{\max} = w_0 \cdot B \cdot d \cdot H$) との比は一定で、これを波力係数 C_w とすると最大波力は次の式で表わされる。

$$P_{\max} = C_w \cdot w_0 \cdot B \cdot d \cdot H$$

$$C_w = 1.0 \sim 1.3$$

波力係数 C_w は喫水によって変動し、喫水が大きくなるにつれて小さい値を取る。

(3) 船体固定の場合と船体自由の場合の同じ波高、波長に対する最大波力は本実験範囲においては差異は認められなかった。

(4) 喫水、波高および波長を等しく取った時の船体横方向の波力は船体縦方向のそれよりも大である。これは船体横方向の場合には波力を受ける船体前面の幅が大きいので、他の条件が同じなら波力が船の幅にほぼ比例して増加することによるものと考えられる。

7. あとがき

本報告においては、船体固定の場合および船体自由の場合の最大波力の比較を行ない、さらに仮定によって求めた最大静水圧と最大波力との比較を行ない波力係数として $C_w = 1.0 \sim 1.3$ を得た。しかし波力係数は喫水によって多少変動するので、任意の喫水における係数を適確に知るためにはさらに実験を行ない波力係数に及ぼす種々のファクターについて検討する必要があるだろう。

今回の実験では船体横方向の時には船長/波長 ≈ 0.5 の波長について最大波力を測定することができなかったが、これについては模型の大きさを変えてさらに実験を行なう予定である。

参 考 文 献

- 1) 港湾構造物設計基準, 運輸省港湾局 1968 年
- 2) 合田良実, 海中構造物の設計波力について, 土木学会誌 1965 年 2 月
- 3) 田中清, 海の浪の解析概説, 海岸工学講演会講演集
- 4) 波動, 航海力学, p. 212~245
- 5) 合田良実, 竹田英章, 海の波の波長および波速の計算表, 港湾技術研究所資料, No. 12, 1964 年 6 月
- 6) Y. Goda: Wave Force on a Vertical Circular Cylinder; Experimental and a Proposed Method of Wave Force Computation Report of Port and Harbour Technical Research Institute No. 8

(1969. 4. 3. 受付)